مجله به‌زراعی نهال و بذر
جلد ۲-۳۵، شماره ۲، سال ۱۳۹۸

تعیین زمان کاشت، پتانسیل عملکرد دانه، شکاف عملکرد و تجزیه خطر تولید گندم در مناطق دیم خوزستان

Determination of Sowing Time, Grain Yield Potential, Yield Gap, and Risk Analysis of Wheat Production in Rainfed Regions of Khuzestan Province in Iran

سید بهرام اندرزیان

دانشیار، بخش تحقیقات علوم زراعی و باغی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان خوزستان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، اهواز، ایران.

تاریخ دریافت: ۱۳۹۸/۱/۱۷ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۸/۶/۱۴

چکیده

اندرزیان، س. ب. ۱۳۹۸. تعیین زمان کاشت، پتانسیل عملکرد دانه، شکاف عملکرد و تجزیه خطر تولید گندم در مناطق دیم خوزستان. **مجله به‌زراعی نهال و بذر ۲-۳۵:** ۱۸۱- ۱۵۹.

استان خوزستان دارای سطح قابل‌توجهی گندم دیم است که به علت ناپایداری شرایط آب و هوایی و مدیریت نامطلوب میانگین عملکرد دانه آن کمتر از یک تن در هکتار است. به‌منظور پهنه‌بندی دیم‌زارهای استان خوزستان بر اساس زمان کاشت، پتانسیل عملکرد و شکاف عملکرد و تحلیل خطر تولید از مدل‌های AquaCrop و CERES-Wheat استفاده شد. داده‌های آب و هوایی شهرستان‌های دیم‌خیز بعد از داده‌گواری همراه با بافت خاک غالب هر منطقه، به مدل معرفی تا زمان کاشت و پتانسیل عملکرد دانه را برای هر منطقه شبیه‌سازی نماید. عملکردهای شبیه‌سازی شده برای مناطق توسط نرم‌افزار RAINBOW مورد آنالیز خطر قرار گرفتند. سپس همه نتایج به محیط سامانه اطلاعات جغرافیایی (GIS)، منتقل و پهنه‌بندی انجام شد. نتایج نشان داد که آغاز کاشت در مناطق دیم‌خیز مرکزی (شوشتر) و شمالی شرقی (ایذه) معمولاً زودتر از مناطق شمالی (دزفول) و جنوب شرقی (بهبهان) شروع می‌شود و یک تفاوت ۱۵ روزه (اواخر آبان تا ۱۵ آذر) بین آغاز کاشت گندم دیم در مناطق مختلف استان خوزستان وجود دارد. طول دوره رشد از مناطق مرکزی به سمت مناطق شمالی، شمال شرقی و جنوب شرقی افزایش می‌یابد. بیشترین طول دوره رشد گندم ۱۶۴ روز (۲۱۹۰ درجه روز رشد) مربوط به ایذه در شمال شرقی استان و کمترین طول دوره رشد گندم ۱۲۴ روز (۱۸۶۰ درجه روز رشد) مربوط به شهرستان شوشتر در مرکز استان است. نتایج نشان داد که میانگین پتانسیل عملکرد دانه از ۴/۲ تن در هکتار (ایذه) تا ۱/۷ تن در هکتار (شوشتر) متغیر بود. پتانسیل عملکرد دانه مناطق از جنوب به سمت شمال، شمال شرق و جنوب شرق دارای روند افزایشی بود و پتانسیل عملکرد دانه هر یک از پهنه‌ها در سال‌های مختلف نیز متفاوت بود. نتایج تجزیه خطر نشان داد که خطر تولید در پهنه‌های مختلف متفاوت بود و پهنه‌های با پتانسیل عملکرد دانه بالا دارای خطر تولید کمتر بودند. نتایج تجزیه شکاف عملکرد نیز نشان داد که شکاف عملکرد در پهنه‌های مختلف از ۸۸ درصد (ایذه و بهبهان) تا ۶۶ درصد (شوشتر و دزفول) متغیر بود. به‌طورکلی، تاریخ کاشت مناسب گندم دیم در خوزستان در دامنه تاریخ کاشت مناسب گندم آبی ۲۰ آبان لغایت ۲۵ آذر قرار می‌گیرد، اگرچه زمان کاشت گندم دیم در مقایسه با گندم آبی با ۱۰ روز تأخیر آغاز می‌شود. پهنه‌های دارای پتانسیل عملکرد دانه بیشتر دارای شکاف عملکرد بیشتری نیز هستند. برای کمّی‌سازی سهم هر یک از عوامل مؤثر در ایجاد شکاف عملکرد و به‌کارگیری راهکارهای مناسب مدیریت مزرعه برای کاهش شکاف عملکرد دانه پژوهش‌های تکمیلی برای ارزیابی مدل در شبیه‌سازی اثر آب، عناصر غذایی و علف‌های هرز ضرورت دارد.

واژه‌های کلیدی: گندم، پهنه‌بندی، زراعت دیم، زمان کاشت، مدیریت مزرعه.

نگارنده مسئول: bahramandarzian@yahoo.com تلفن: ۰۶۱۳۳۷۳۷۳۴۲

مقدمه

استان خوزستان تقریباً دارای حدود ۲۵۰ هزار هکتار سطح زیر کشت گندم دیم است که به علت ناپایداری شرایط آب و هوایی و مدیریت نامطلوب مزرعه ازجمله کاشت در زمان نامناسب میانگین عملکرد دانه آن حدود ۸۰۰ کیلوگرم در هکتار است و کمتر از ۱۵ درصد در تولید گندم استان سهم دارد (Anonymous, 2011).

در نظام‌های زراعی دیم مناطق خشک، معمولاً تولید محصول ناپایدار و آسیب‌پذیر است (Nassiri Mahalati and Koocheki, 2010; Aggarwal *et al*., 2008; Abeldo *et al*., 2008)، چون عملکرد و تولید محصول تابع شرایط آب و هوایی بویژه بارندگی است و در سال‌های مختلف دارای نوسانات قابل‌توجهی است (Nassiri Mahalati and Koocheki, 2009; Lobell *et al*., 2009; Singh *et al*., 2001).

رادمهر و همکاران (Radmehr *et al*., 2005) در تحقیقات خود در اهواز نشان دادند که مناسب‌ترین تاریخ کاشت برای ارقام گندم آبی دیررس، میان‌رس و زودرس به ترتیب اواسط آبان، اواسط آذر و اواخر آذر است. نادری (Naderi, 2013) در تحلیل اثر تاریخ کاشت بر عملکرد گندم آبی، مناسب‌ترین تاریخ کاشت را برای ارقام دیررس میان‌رس و زودرس به ترتیب اواسط آبان، دهه اول آذر و اواسط آذر معرفی کرد. به‌طورکلی، ایشان بیان داشتند مستقل از تنوع ژنتیکی بازه زمانی اواخر آبان تا اوایل آذر تاریخ کاشت مطلوب گندم در خوزستان است.

اندرزیان و همکاران (Andarzian *et al*., 2015) با استفاده از مدلCERES-Wheat، پنجره کاشت (زمان شروع و پایان کاشت) گندم آبی در شهرستان‌های اهواز دزفول، بهبهان و ایذه را تعیین کردند. پنجره کاشت برای اهواز ۱۵ آبان لغایت ۱۵ آذر برای دزفول و بهبهان ۱۵ آبان لغایت ۲۵ آذر و برای ایذه ۱۰ آبان لغایت ۲۵ آذر معرفی شد. یافته‌های فوق‌الذکر حاصل از بررسی‌های تاریخ کاشت برای شرایط زراعت آبی است و تاکنون هیچ‌گونه آزمایش مزرعه‌ای یا شبیه‌سازی برای تعیین زمان کاشت گندم دیم در خوزستان انجام‌نشده است.

تعیین پتانسیل عملکرد و خطر تولید در هر منطقه نقش بسزایی در برنامه‌ریزی‌های کلان کشاورزی، تخصیص بهینه منابع و افزایش بهره‌وری مصرف منابع دارد (Van Ittersum *et al*., 2013; Lobell *et al*., 2009; Bhatia *et al*., 2008). بطوری که پهنه‌بندی اکولوژیکی مناطق بر اساس توان تولید محصولات کشاورزی اولین گام برای برنامه‌ریزی توسعه پایدار کشاورزی هر منطقه است (Lobell *et al*., 2009; Kamkar *et al*., 2007).

با شناخت شکاف عملکرد (اختلاف بین پتانسیل عملکرد و عملکرد واقعی) در هر منطقه که ناشی از شیوه مدیریت و مجموعه عوامل

محدودکننــــده (آب و عناصـــــر غــــذایی) و کاهش‌دهنـده (آفـات، بیماری‌هـا و علف‌هـای هرز) می‌باشد و تجزیه و تحلیل آن می‌توان سهم نســـبی هـــر یـــک عوامـــل را در ایجــــاد شــکاف عملکــرد تعیــین و تــدابیر مــدیریتی مناســب جهــت پــر کــردن شــکاف (افــزایش عملکـرد) در منـاطق مختلـف را مشـخص نمـود (Qingfeng *et al*., 2013; Van Ittersum *et al*., 2013; Oliver and Robertson, 2013; Nassiri Mahalati and Koocheki, 2010; Lobell *et al*., 2009; Bhatia *et al*., 2008).

پتانسیل عملکـرد در شـرایط دیـم، عملکـرد یک رقم زراعی سازگار با منطقه موردنظر است که تحت بهترین شـرایط مـدیریت مزرعـه رشـد نمـوده و فاقـد هرگونـه عامـل محدودکننـده و کاهش‌دهنــده محیطــی بــوده و فقــط تحــت تأثیر درجه حرارت، تـابش خورشـیدی و میـزان بارنــــدگی یـــا رطوبـــت خــــاک اســـت (Van Ittersum *et al*., 2013; Oliver and Robertson., 2013; Lobell *et al*., 2009; Andarzian *et al*., 2008).

تعیین پتانسیل عملکـرد هـر منطقـه از طریـق اجرای آزمایش‌هـای مزرعـه‌ای تحـت مـدیریت مطلـوب، شـرایط کنترل‌شـده امکان‌پـذیر اسـت (Lobell *et al*., 2009)، اگرچـه فـراهم نمـودن چنین شـرایطی بـا چـالش مواجـه بـوده چـون از یک‌ســو حـــذف عوامـــل محدودکننـــده و کاهش‌دهنـده رشـد و عملکـرد تحـت شـرایط مزرعه‌ای بسیار مشکل است و از سـوی دیگـر چنین آزمایش‌هایی بایستی برای هر منطقه بـرای دوره‌های آب و هوایی بلندمدت که نشان‌دهنده اقلیم منطقه باشد تکرار شود. بنابراین انجام چنین آزمایش‌هـایی در ابعـاد وسـیع زمـانی و مکـانی مسـتلزم صـرف هزینـه، وقـت و نیـروی انسـانی فـراوان اسـت (Van Ittersum *et al*., 2013; Hochman *et al*., 2012; Lobell *et al*., 2009; Andarzian *et al*., 2008).

یک روش جایگزین و مناسب برای بـرآورد پتانســیل عملکــرد دانــه اســتفاده از مــدل‌های شبیه‌سـازی فراینـدگرای گیاهـان زراعـی اسـت (Nassiri Mahalati and Koocheki, 2010). اسـتفاده از مـدل‌های شبیه‌سـازی بـرای بـرآورد پتانسـیل عملکـرد و پهنه‌بنـدی اگرواکـوژیکی و ارزیابی شکاف عملکرد هم‌اکنون بطور وسـیعی در دنیـا مورداسـتفاده قـرار می‌گیـرد. قرینـه و همکـاران (Gharineh *et al*., 2012) پتانسـیل عملکرد دانه گندم آبی را برای استان خوزسـتان با استفاده از مدل WOFOST بین ۷/۵ تا ۹/۴ تن در هکتـار و شـکاف عملکـرد را بـین ۴۲ تـا ۶۶ درصد برآورد نمودنـد. آن‌هـا علـل شـکاف عملکرد دانه را بـه عوامـل محدودکننـده خـاک (کیفیت و شوری خاک) و مدیریت‌های زراعی منتسب نمودند.

کـــــــــوچکی و همکــــــــــاران (Koochaki *et al*., 2017) در بررســی اثـر عوامل اقلیمی و مـدیریتی بـر پتانسـیل و شـکاف عملکرد گندم آبی نشـان دادنـد کـه در شـرایط خوزستان ضـرایب تـابع حـد مـرزی بـر پتانسـیل

عملکرد برای دما، بارندگی و تابش به ترتیب ۰/۰۹-، ۰/۷۵ و ۰/۷۰ بود. به بیانی دیگر تأثیر دما بر پتانسیل عملکرد گندم منفی اما اثر بارندگی و تابش بر آن مثبت بود. ایشان شکاف عملکرد دانه گندم آبی را در خوزستان بین ۲ تا ۳ تن در هکتار بیان نمودند و با آنالیز ضرایب تابع حد مرزی تأثیر عوامل مدیریتی بر عملکرد را منفی دانستند و ضرایب رگرسیون سهم نسبی تأثیر عوامل مدیریتی شامل: کود شیمیایی، آبیاری، مکانیزاسیون، کود دامی و آفت‌کش به ترتیب برابر ۰/۲۸-، ۱/۲-، ۰/۲۱-، ۰/۲۴- و ۰/۳۳- بود. بدین مفهوم که با بهبود و یا افزایش هرکدام از عوامل مدیریتی میزان شکاف عملکرد را می‌توان کاهش داد.

حجارپور و همکاران (Hajarpour *et al.*, 2016) با استفاده از آنالیز خط مرزی، پتانسیل و شکاف عملکرد را برای گندم در استان گلستان تعیین نمودند. آن‌ها پتانسیل عملکرد دانه را برای شرایط آبی، دیم پرمحصول و دیم کم‌محصول به ترتیب ۶/۸، ۵/۸ و ۳/۹ تن در هکتار و شکاف عملکرد را برای شرایط آبی، دیم پرمحصول و دیم کم‌محصول به ترتیب ۴۲، ۳۱ و ۵۰ درصد گزارش کردند. سپس حدود بهینه مدیریت زراعی شامل تاریخ کاشت، میزان بذر مصرفی، مصرف کودهای نیتروژن، فسفر و پتاس و تعداد دفعات آبیاری (برای شرایط آبی) را توصیه نمودند.

نصیری محلاتی و کوچکی (Nassiri Mahalati and Koocheki, 2009) میانگین پتانسیل عملکرد دانه برای خراسان شمالی، رضوی و جنوبی را به ترتیب معادل ۶/۲، ۶/۹ و ۴/۸ تن در هکتار و میانگین شکاف عملکرد دانه برای این استان‌ها به ترتیب معادل ۳/۷، ۴/۳ و ۲/۸ تن در هکتار برآورد شد. دیهیم‌فرد و همکاران (Deihimfard *et al.*, 2015) در تحقیق خود در ۱۴ شهرستان از استان خراسان، شکاف عملکرد دانه گندم آبی را بین مناطق مختلف، در دامنه ۳/۱ در شهرستان سرخس (با رقم چمران) تا ۷/۶ تن در هکتار در شهرستان قائن (با رقم گاسکوژن) برآورد کردند. همچنین میانگین شکاف عملکرد دانه در تمامی مناطق برای رقم چمران ۴/۴، رقم سایونز ۶ و رقم گاسکوژن ۶/۱ تن در هکتار برآورد شد. نتایج این محققین همچنین نشان داد که سهم نسبی شکاف عملکرد دانه ناشی از محدودیت آب در شهرستان‌های موردمطالعه، بین ۱/۷ تا ۱۹ درصد، سهم نسبی شکاف عملکرد ناشی از محدودیت نیتروژن بین ۴۰ تا ۴۷ درصد و سهم نسبی شکاف عملکرد دانه ناشی از سایر عوامل محدودکننده و کاهش‌دهنده عملکرد دانه برابر با ۳۳ تا ۵۷ درصد می‌باشد.

تعیین پتانسیل عملکرد دانه و تجزیه شکاف عملکرد با استفاده از مدل‌های شبیه‌سازی برای گیاهان زراعی در دنیا بطوروسیعی به‌کاربرده شده است. برای مثال مدل CERES-maize برای ذرت (Loffler *et al.*, 2005)، مدل

Hybrid-maize برای ذرت (Grassini *et al*., 2011)، مدل PYE برای ذرت (Affholder *et al*., 2013)، مدل AquaCrop برای جو و تف (Araya *et al*., 2010a; Araya *et al*., 2010b)، مدل AquaCrop برای ذرت (Mhizha, 2010)، مدل CROPGROW برای سویا (Bhatia *et al*., 2008) و مدل LINTUL-POTATO برای سیب‌زمینی (Caldiz *et al*., 2002) برای تعیین پتانسیل عملکرد منطقه‌ای و یا تجزیه شکاف عملکرد به‌کاربرده شده‌اند.

بنابراین با توجه به اینکه تاکنون پژوهشی در خصوص تعیین پتانسیل و شکاف عملکرد دانه و همچنین درصد اعتماد و احتمال تولید برای گندم دیم در خوزستان انجام نشده است، هدف از اجرای این پژوهش استفاده از مدل‌سازی برای تعیین زمان کاشت، پتانسیل عملکرد، تجزیه خطر تولید و تعیین شکاف عملکرد دانه در دیم‌زارهای استان خوزستان بود.

مواد و روش‌ها

شروع زمان کاشت

برای تعیین زمان شروع کاشت گندم دیم از معیار عمق بارندگی (Raes *et al*., 2006) استفاده شد. این معیار برای گندم چنین معرفی‌شده است، که در دامنه دمایی مناسب زمانی که مقدار بارندگی طی چهار روز متوالی معادل یا بیشتر از ۴۰ میلی‌متر باشد، زمان کاشت گندم است. اولین روز از این دوره چهار روزه به‌عنوان تاریخ کاشت تلقی می‌شود. این مقدار بارندگی در خاک‌های مختلف، رطوبت کافی را برای جوانه‌زنی و استقرار گیاهچه‌های گندم تا ۳۰ روز بعد از کاشت فراهم می‌نماید. تعیین شروع زمان کاشت بر مبنای معیارهای موجود ازجمله عمق بارندگی توسط مدل AquaCrop انجام می‌گیرد که برای جو (Araya *et al*., 2012) در اتیوپی، ذرت (Mhizha *et al*., 2014) در زیمبابوه، سورگوم در سودان (Bussmann *et al*., 2016) و تف (Tsegay *et al*., 2015) در اتیوپی مورداستفاده قرار گرفته است.

با توجه به تغییرات سالانه شرایط آب‌وهوایی بویژه بارندگی (مقدار و پراکنش) آغاز کاشت بایستی برمبنای آنالیز فراوانی بلندمدت انجام گیرد تا زمان شروع کاشت مناسب برای منطقه معرفی شود. در این تحقیق داده‌های هواشناسی از سال ۱۳۷۰ تا ۱۳۹۲برای ایستگاه‌های سینوپتیک شهرستان‌های موردنظر از اداره کل هواشناسی خوزستان تهیه شد. داده‌های ناقص و حذف‌شده با استفاده از مولد داده‌های آب و هوایی Weatherman تکمیل شد (Hoogenboom *et al*., 2010).

برای تعیین تاریخ کاشت در هر منطقه با استفاده از معیار عمق بارندگی از مدل AquaCropV4 که قبلاً واسنجی و صحت‌سنجی شده بود (Andarzian *et al*., 2011) استفاده شد. با تنظیم داده‌های هواشناسی (آب و

هوایی) به فرمت نرم‌افزار، مدل اجرا و اولین تاریخ کاشت برای هرسال تعیین شد. پس از اجرای مدل برای کلیه سال‌ها در هر منطقه، تاریخ کاشت‌های تعیین‌شده برای هرسال به‌صورت روز از سال میلادی تبدیل‌شد و توسط نرم‌افزار RAINBOW (Raes *et al*., 2006) مورد تجزیه احتمالات وقوع (تجزیه احتمال تجمعی) قرار گرفت و بر اساس احتمال وقوع بیش از ۸۰ درصد اولین تاریخ کاشت برای هر منطقه معرفی شد (Mugalavai *et al*., 2008).

پایان دوره رشد و طول دوره رشد

پایان دوره رشد گیاه معادل زمان رسیدگی فیزیولوژیکی گیاه (توسط مدل شبیه‌سازی شد) فرض شد که تقریباً مصادف بازمانی باشد که نسبت تبخیر و تعرق واقعی (ET_a) به تبخیر و تعرق پتانسیل (ET_0) کمتر از ۰/۰۳۵ است (Mugalavai *et al*., 2008). تبخیر و تعرق واقعی و پتانسیل نیز توسط مدل AquaCrop شبیه‌سازی شد. فاصله زمانی بین تاریخ کاشت و پایان دوره رشد در هر منطقه به‌عنوان طول دوره رشد گیاه در آن منطقه تلقی شد.

با توجه به اینکه طول دوره رشد در هر منطقه متأثر از شرایط آب‌وهوایی، خصوصیات خاک و خصوصیات گیاهی است، بنابراین طول دوره رشد در یک منطقه در سال‌های متوالی متفاوت خواهد بود. برای تعیین طول دوره رشد در هر منطقه طول دوره رشد از خصوصیات فنولوژیکی گندم رقم چمران استفاده شد. این رقم از گروه ارقام گندم بهاره و متوسط رس است و معمولاً این گروه در مقایسه با ارقام گندم گروه‌های دیررس و زودرس بیشترین سطح زیر کشت را در خوزستان دارند (Naderi, 2013).

در شرایط دیم به علت بالا بودن پتانسیل عملکرد این رقم، زارعین رقم چمران را بر ارقام توصیه‌شده برای شرایط دیم ترجیح می‌دهند. این رقم گندم در تاریخ کاشت مناسب و در شرایط محیطی مطلوب در اهواز دارای دوره رشد ۱۴۰ تا ۱۴۵ روز و مجموع درجه روز رشد (Growing Degree Days) بین ۲۱۰۰ تا ۲۲۰۰ است (Naderi, 2013; Andarzian *et al*., 2008). مجموع درجه روز رشد از خصوصیات وابسته به ژنوتیپ است و در شرایط آب و هوایی مختلف چندان تغییر نمی‌کند (Jalal Kamali *et al*., 2007) و این اصل یکی از اصول کارکرد مدل‌های شبیه‌سازی است (Andarzian *et al*., 2008). طول دوره رشد در سال‌های مختلف توسط نرم‌افزار RAINBOW مورد تجزیه توزیع احتمال قرار گرفت و احتمال وقوع بیش از ۸۰ درصد به‌عنوان طول دوره رشد محصول گندم در هر منطقه معرفی شد.

پتانسیل عملکرد دانه تحت شرایط دیم

برای شبیه‌سازی پتانسیل عملکرد دانه گندم دیم از مدل CERES-wheat، نسخه جدید DSSAT4.6، استفاده شد. اگرچه نسخه قبلی

DSSAT4.2 آن توسط انـدرزیان و همکـاران (Andarzian *et al.*, 2008) و دلقنــدی و همکـاران (Delghandi *et al.*, 2014) مـورد ارزیابی قرار گرفت، ولی برای دستیابی به داده‌ها و خصوصیات گیاهی گنـدم رقـم چمـران بـرای واسنجی نسخه جدید مدل یک آزمایش در سه تاریخ کاشت زودهنگام (اواسط آبـان)، مناسـب (اوایل آذر) و دیرهنگام (اواخـر آذر)، در قالـب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکـرار در مرکـز تحقیقـات و آمـوزش کشـاورزی و منـابع طبیعــی خوزســتان در اهــواز در ســال زراعــی ۹۱-۱۳۹۰ اجرا شد.

بــرای صــحت ســنجی مــدل عــلاوه بــر داده‌هــا و اطلاعــات آزمــایش فــوق از داده‌هــای مربــوط بــه آزمایش‌هــای انجــام شــــده در ســــال‌های زراعــــی گذشــــته (Andarzian *et al*., 2007; Radmehr *et al*., 2005) نیـز استفاده شد. ارزیـابی و کـاربرد مـدل (نرم‌افـزار) منحصراً برای رقم چمران (که بیشترین سطح زیر کشت را هم در شرایط آبی و هم در شرایط دیم داشت و ارقام مشابه مانند چمـران۲ کـه متوسـط رس و در حال جایگزین شـدن می‌باشـد) انجـام گردید.

داده‌های هواشناسی تکمیـل شـده بـر اسـاس فرمت موردنیاز نرم‌افزار تهیه و بـه‌عنوان یکـی از فایل‌های ورودی به مدل معرفی شد. بـا انتخـاب فایـل گیـاهی گنـدم رقـم چمـران (بـر اسـاس آزمایش‌هـــای مزرعـــه‌ای و خصوصـــیات اکوفیزیولـوژیکی گیـاه، مـدل بـرای ایـن رقـم واسـنجی و ارزیـابی شـد) همـراه بـا تهیـه اولـین تاریخ کاشت تعیین‌شده برای هر ایستگاه به مدل معرفی شدند.

خصوصـیات خـاک اراضـی مناسـب کشـت گندم دیم هر منطقه بـر مبنـای خـاک غالـب آن منطقه بـرای مـدل تعریـف شـد. دیگـر عملیـات مـدیریت مزرعـه ماننـد خـاک‌ورزی، مصـرف کـــود، تـــراکم کاشـــت و.... بـــر اســـاس دستورالعمل‌های توصیه‌شده برای زراعـت گیـاه به مدل معرفی شدند. بـا اجـرای مـدل بـرای هـر منطقــه بــرای دوره‌هــای درازمــدت، پتانســیل عملکــرد بــرای هرســال شبیه‌ســازی گردیــد. عملکردهای شبیه‌سازی‌شده بـرای هـر منطقـه بـا اســــــتفاده از نرم‌افــــــزار RAINBOW (Raes *et al*., 2006) مـورد تجزیـه توزیـع احتمال (خطر) قـرار گرفـت و میـانگین پتانسـیل عملکـرد هـر منطقـه بـر اسـاس احتمـال وقـوع ۵۰ درصد (میانه) از سال‌ها معرفی شد.

شکاف عملکرد

عملکردهای واقعی (Actual yield) زارعین بــــرای شهرســــتان‌های ایــــذه، باغملــــک، مسجدسلیمان، لالی، بهبهان، رامهرمـز، هفتکـل، دزفـول، شوشـتر، امیدیـه و اندیمشـک از سـال ۱۳۷۵ لغایـت ۱۳۸۵ بـر اسـاس کیل‌گیری‌هـای ســـازمان جهـــاد کشـــاورزی خوزســـتان از آمارنامـــه‌های ســـالانه اســـتخراج شـــد (Anonymous, 2007). همچنـــین در ســـال زراعی ۹۱-۱۳۹۰ از مزارع شهرستان‌های ایـذه،

باغملک، بهبهان و لالی هر کدام پنج مزرعه و از هر مزرعه چهار نمونه تهیه شد.

نتایج پیش‌بینی‌شده برای پتانسیل عملکرد دانه گندم دیم (Y_p) و نیز مقادیر عملکرد واقعی (Y_a) در پهنه‌های مختلف استان خوزستان جهت برآورد شکاف عملکرد دانه مورداستفاده قرار گرفتند. به این منظور ضریب عملکرد منطقه‌ای (RYF = Regional Yield Factor) بر اساس معادله (۱) محاسبه شد (Nassiri Mahalati and Koockeki, 2010).

$$RYF = \frac{Y_a}{Y_p} \qquad (1)$$

مقدار ضریب عملکرد منطقه‌ای بین صفر و یک متغیر می‌باشد و نشان‌دهنده میزان توسعه نظام تولید در یک منطقه است. با مدیریت صحیح آب (بارندگی)، مواد غذایی، آفات، بیماری‌ها و علف‌های هرز و بهینه‌سازی عملیات زراعی نظیر تراکم و تاریخ کاشت، مقدار عملکرد واقعی به پتانسیل عملکرد نزدیک شده و RYF به سمت یک متمایل می‌شود. در این تحقیق احتمال وقوع بیش از مقدار مشخص بر اساس فرمول ویبول (Weibull Equation) محاسبه و پارامترها به روش حداکثر بزرگنمایی (Maximum Likelihood) برآورد گردیدند. زمان‌های مناسب شروع کاشت، طول دوره رشد، عملکردهای پیش‌بینی‌شده به‌وسیله مدل، و مقادیر عملکردهای واقعی برای مناطق هدف به سیستم اطلاعات جغرافیایی (Geographical Information System = GIS) منتقل و به روش وزن‌دهی فاصله معکوس (Inverse Distance Weighting) میان‌یابی و نقشه‌های پهنه‌بندی تهیه شد.

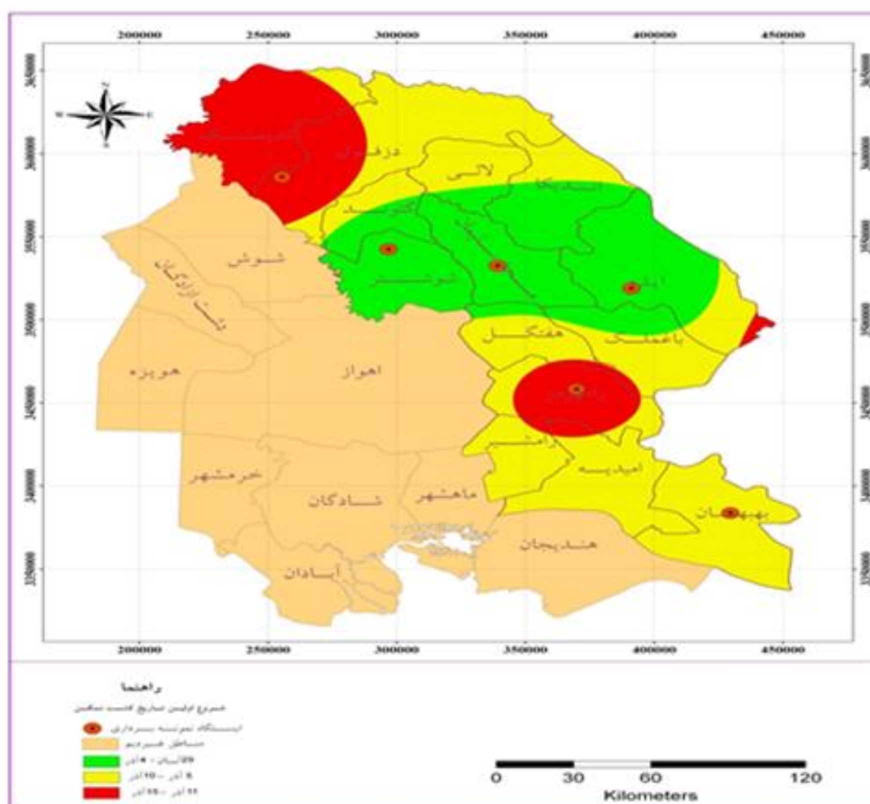
نتایج و بحث

زمان شروع کاشت

زمان شروع کاشت یا اولین تاریخ کاشت در مناطق دیم به اولین بارندگی مؤثر بستگی دارد (شکل ۱). بر اساس تجزیه بلندمدت داده‌های بارندگی یک الگوی مشخصی بین شروع تاریخ کاشت و مناطق مختلف وجود ندارد. وقوع بارندگی مؤثر متأثر از الگوهای جوی است که تابع فرایندهای برون منطقه‌ای است.

نتایج ارزیابی نشان داد که کاشت گندم در مناطق دیم‌خیز مرکزی (شوشتر) و شمالی شرقی (ایذه) معمولاً زودتر از مناطق شمالی (دزفول) و جنوب شرقی (بهبهان) شروع می‌شود. در دیمزارهای شوشتر، مسجدسلیمان، ایذه و بخش‌هایی از باغملک، اندیکا، لالی و گتوند اولین زمان کاشت اواخر آبان و اوایل آذر است. برای مناطق دیم بهبهان، امیدیه رامشیر، هفتکل و بخش‌هایی از باغملک و رامهرمز و دزفول دهه اول آذر و برای اندیمشک، بخش‌هایی از دزفول و مرکز رامهرمز ۱۰ لغایت ۱۵ آذر می‌باشد.

با مقایسه این نتایج با نتایج ارائه‌شده توسط رادمهر و همکاران (Radmehr *et al*., 2005)، نادری (Naderi, 2013) و اندرزیان و همکاران



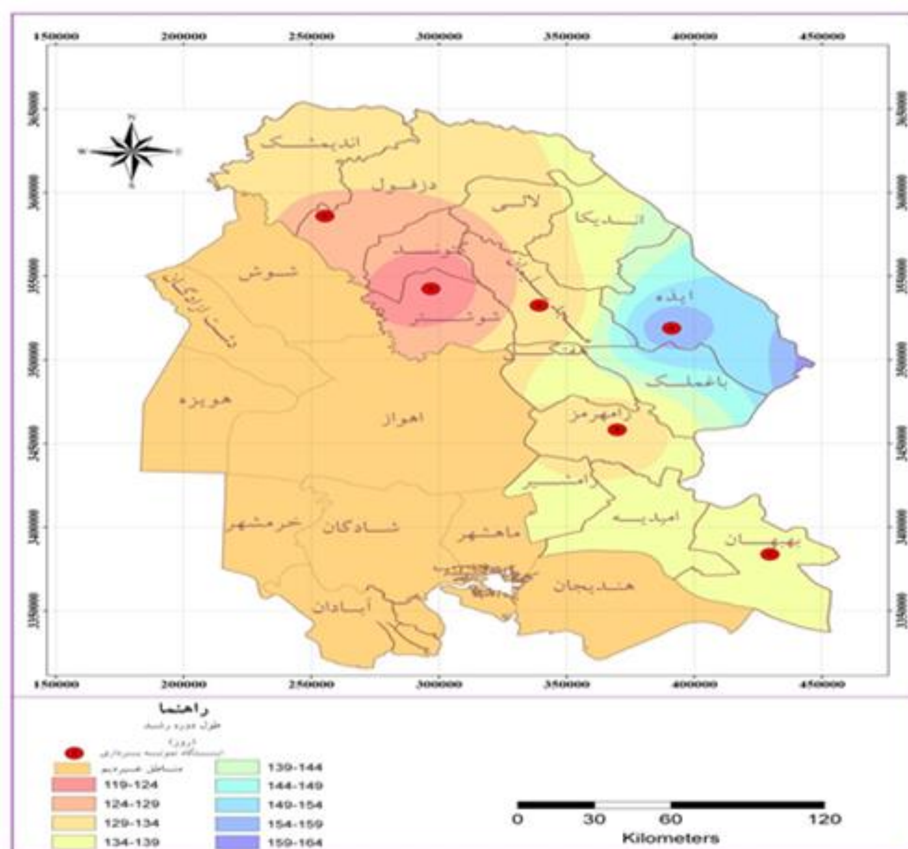
شکل ۱- پهنه‌بندی مناطق دیم‌خیز استان خوزستان بر اساس زمان شروع کاشت گندم
Fig. 1. Zoning of rainfed regions of Khuzestan province based on commencement of wheat planting

(Andarzian *et al.*, 2015) چنین استنتاج می‌شود که تاریخ کاشت مناسب گندم دیم در خوزستان در دامنه تاریخ کاشت مناسب گندم آبی ۲۰ آبان لغایت ۲۵ آذر قرار می‌گیرد، اگرچه زمان کاشت گندم دیم در مقایسه با گندم آبی با ۱۰ روز تأخیر آغاز می‌شود.

طول دوره رشد گندم

تغییرات مکانی طول دوره رشد گندم دیم همانند الگوی تغییرات مکانی مقدار بارندگی است (شکل ۲). طول دوره رشد گندم دیم از مناطق مرکزی به سمت مناطق شمالی (دزفول)، شمال شرقی (ایذه) و جنوب شرقی افزایش می‌یابد. بیشترین طول دوره رشد گندم (۱۶۴ روز معادل ۲۱۹۰ درجه روز رشد) مربوط به ایذه در شمال شرقی استان و کمترین طول دوره رشد گندم (۱۲۴ روز معادل ۱۸۶۰ درجه روز رشد) مربوط به شهرستان شوشتر در مرکز استان است. طول دوره رشد تابع مؤلفه‌های آب‌وهوایی به‌ویژه درجه حرارت و بارندگی است.

اگرچه در شوشتر (مرکز) زمان کاشت



شکل ۲- پهنه‌بندی مناطق دیم‌خیز استان خوزستان بر مبنای طول دوره رشد گندم

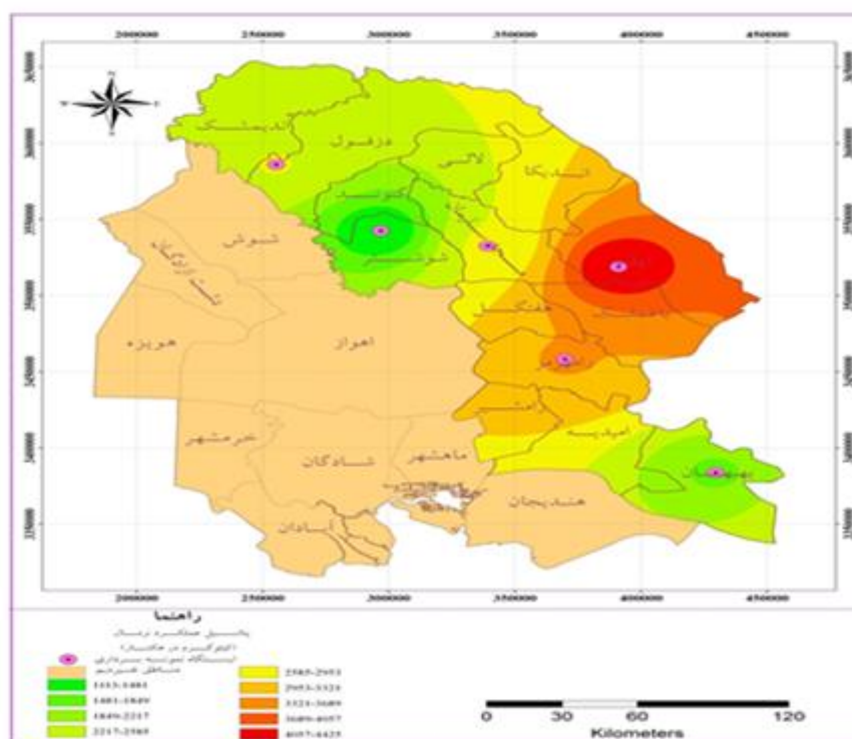
Fig. 2. Zoning of rainfed regions of Khuzestan province based on wheat growth duration wheat

زودتر از مناطق شمالی (دزفول) و جنوب شرقی (بهبهان) آغاز می‌شود ولی به علت درجه حرارت‌های بالاتر (تأمین شدن مجموع حرارتی موردنیاز گیاه یا درجه – روز رشد در زمان کوتاه‌تر) و کاهش فصلی بارندگی و ذخایر رطوبت خاک طول دوره رشد گندم کوتاه‌تر می‌شود. اما در شهرستان ایذه به علت رژیم حرارتی مناسب‌تر در شروع و پایان دوره فصل رشد و وجود مقدار بارندگی بیشتر و با پراکنش نسبتاً خوب طول دوره رشد گندم مشابه طول دوره رشد در شرایط زراعت آبی (۱۴۰ تا ۱۴۵ روز) است (Andarzian *et al.*, 2015; Naderi, 2013; Radmehr *et al.*, 2005).

پتانسیل عملکرد گندم

میانگین پتانسیل عملکرد دانه گندم دیم از مناطق مرکزی استان (شوشتر) به سمت مناطق شمالی (دزفول)، شمال شرقی (ایذه) و جنوب شرقی (بهبهان) دارای روند افزایشی بود. بیشترین عملکرد دانه

قابل دست‌یابی از مناطق شمال شرقی (ایذه) معادل ۴۲۵۵ کیلوگرم در هکتار و کمترین مقدار آن معادل ۱۷۰۰ کیلوگرم در هکتار مربوط به مناطق مرکزی (شوشتر) استان بدست آمد. همان‌طوریکه نتایج نشان می‌دهد، پتانسیل عملکرد دانه گندم دیم با مقدار بارندگی و طول دوره رشد در مناطق همبستگی بالائی دارد و مطابق با الگوی پراکنش مکانی بارندگی است (شکل ۳).



شکل ۳- پهنه‌بندی مناطق دیم‌خیز استان خوزستان بر مبنای پتانسیل عملکرد (سال معمولی)
Fig. 3. Zoning of rainfed areas of Khuzestan province based on yield potential (normal year)

ضریب تغییرات پتانسیل عملکرد دانه در مناطق دیم

نتایج شبیه‌سازی نشان داد ضریب تغییرات عملکرد دانه در مناطق دیم دارای تفاوت قابل‌توجهی بود. مقدار ضریب تغییرات پتانسیل عملکرد دانه از ۶۱ درصد (دزفول) تا ۸۸ درصد (شوشتر) متغیر بود. ضریب تغییرات پتانسیل عملکرد دانه دارای الگو تغییرات مکانی مشخصی نبود. شواهد نشان می‌دهد در مناطقی که میزان بارندگی و پراکنش بارندگی در سال‌های مختلف دارای تغییرات کمتر است پایداری عملکرد دانه بیشتر و ضریب تغییرات عملکرد کمتر است.

در شهرستان ایذه که پتانسیل عملکرد دانه

گندم دیم در سال‌های تر، معمولی، خشک به ترتیب ۷۰۴۹، ۴۴۲۵ و ۱۷۵۶ کیلوگرم در هکتار است، میزان ضریب تغییرات عملکرد دانه ۷۵ درصد بود. اگرچه در این منطقه میانگین پتانسیل عملکرد دانه گندم دیم بالاست، لیکن در بعضی از سال‌ها (سال‌های خشک) به علت عدم بارندگی کافی و یا بارندگی با پراکنش نامناسب پتانسیل عملکرد دانه شدیداً کاهش می‌یابد. در شهرستان دزفول پتانسیل عملکرد دانه گندم دیم در سال‌های تر، معمولی و خشک نیز به ترتیب ۳۷۳۱، ۲۵۹۶ و ۱۴۶۱ کیلوگرم در هکتار بود. میزان ضریب تغییرات پتانسیل عملکرد دانه در این شهرستان ۶۱ درصد است که ۶۱ درصد میانگین پتانسیل عملکرد دانه ایذه است.

برای شهرستان شوشتر پتانسیل عملکرد دانه گندم دیم در سال‌های تر، معمولی و خشک به ترتیب ۲۷۰۲، ۱۱۱۳ و ۳۱۴ کیلوگرم در هکتار بود. این شهرستان با بیشترین مقدار ضریب تغییرات عملکرد دانه (۸۸ درصد) ناپایدارترین پتانسیل عملکرد دانه را در این مناطق داشت. علت آن کاهش شدید عملکرد دانه در سال‌های خشک می‌باشد. اگرچه میانگین بارندگی سالانه بلندمدت در این شهرستان مشابه مناطق مجاور است ولی به علت پراکنش نامناسب نیاز آبی گیاه را فراهم نمی‌کند.

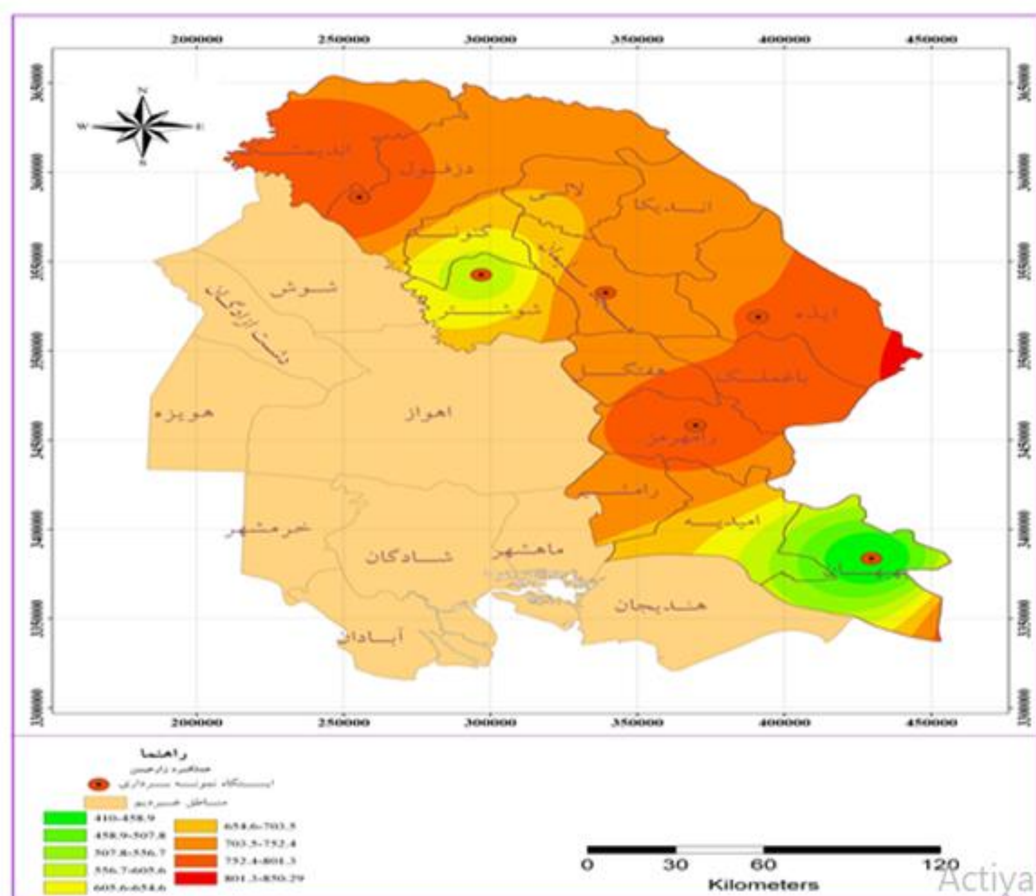
پتانسیل عملکرد دانه گندم دیم برای شهرستان مسجدسلیمان برای شرایط ترسالی، سال معمولی و خشک‌سالی به ترتیب ۴۰۰۳، ۲۶۴۳ و ۱۲۸۳ کیلوگرم در هکتار بود. ضریب تغییرات پتانسیل عملکرد دانه برای این منطقه ۶۸ درصد بود. برای شهرستان رامهرمز پتانسیل عملکرد گندم تحت شرایط دیم برای سال‌های تر، نرمال و خشک به ترتیب ۵۰۷۹، ۳۳۴۲ و ۱۶۰۴ کیلوگرم در هکتار است. مقدار ضریب تغییرات عملکرد دانه در این شهرستان نیز ۶۸ درصد و مشابه شهرستان مسجدسلیمان است. برای شهرستان بهبهان پتانسیل عملکرد دانه برای سال‌های تر، نرمال و خشک به ترتیب ۳۶۶۱، ۱۷۸۰ و ۵۷۰ کیلوگرم در هکتار بود. ضریب تغییرات عملکرد دانه در این شهرستان نیز ۸۴ درصد است که حاکی از ناپایداری شدید عملکرد گندم دیم در این منطقه بود.

عملکرد واقعی (عملکرد زارعین)

توزیع مکانی مقادیر عملکرد دانه واقعی و پتانسیل عملکرد دانه تا حد زیادی با یکدیگر انطباق دارند. به‌عبارت‌دیگر در پهنه‌هایی با پتانسیل تولید بالا عملکرد دانه واقعی نیز بیشتر بود (شکل ۴).

شکاف عملکرد دانه و ضریب عملکرد منطقه‌ای

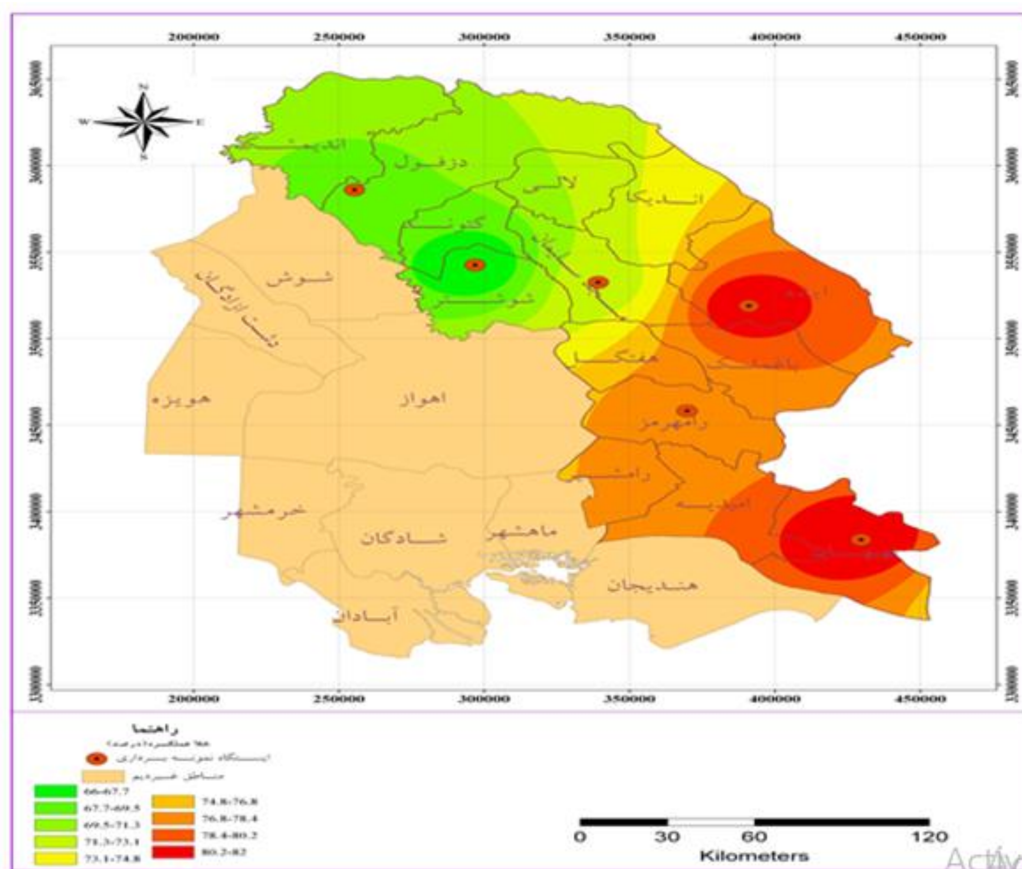
میانگین مقادیر محاسبه‌شده شکاف عملکرد دانه (تفاوت عملکرد واقعی از پتانسیل عملکرد) نشان داد که شکاف عملکرد بسیار قابل ملاحظه‌ای در مناطق دیم‌خیز استان خوزستان وجود دارد. میزان شکاف عملکرد دانه بین ۶۶ تا ۸۲ درصد بسته به منطقه متغیر بود. شهرستان‌های



شکل ۴- عملکرد دانه واقعی گندم (در سطح زارعین) در مناطق دیم‌خیز استان خوزستان
Fig. 4. Actual wheat grain yield (farmer level) in rainfed areas of Khuzestan province

ایذه و بهبهان با ۸۲ درصد بیشترین و شهرستان‌های شوشتر و دزفول با ۶۶ و ۶۰ درصد کمترین شکاف عملکرد دانه را داشتند (شکل ۵).

نتایج این پژوهش نشان می‌دهد که دامنه شکاف عملکرد دانه تا حدودی با گزارش‌های محققان دیگر که دامنه تغییرات شکاف عملکرد را بین ۴۰ تا ۶۰ درصد گزارش کردند متفاوت است (Koochaki *et al.*, 2017; Hajarpour *et al.*, 2016; Deihimfard *et al.*, 2015; Gharineh *et al.*, 2012). علت این تفاوت ناشی از تفاوت شرایط زراعت آبی و دیم است. گزارش‌های این محققان بر روی گندم آبی متمرکزشده است و بدیهی است در شرایط دیم به علت تغییرات شدید مقدار و پراکنش بارندگی، تفاوت عملکرد دانه بین سال‌های مختلف شدیدتر است و هر چه شرایط محیطی اعم از آب‌وهوا و مدیریت مزرعه به شرایط مطلوب نزدیک‌تر باشد شکاف عملکرد دانه کمتر است.

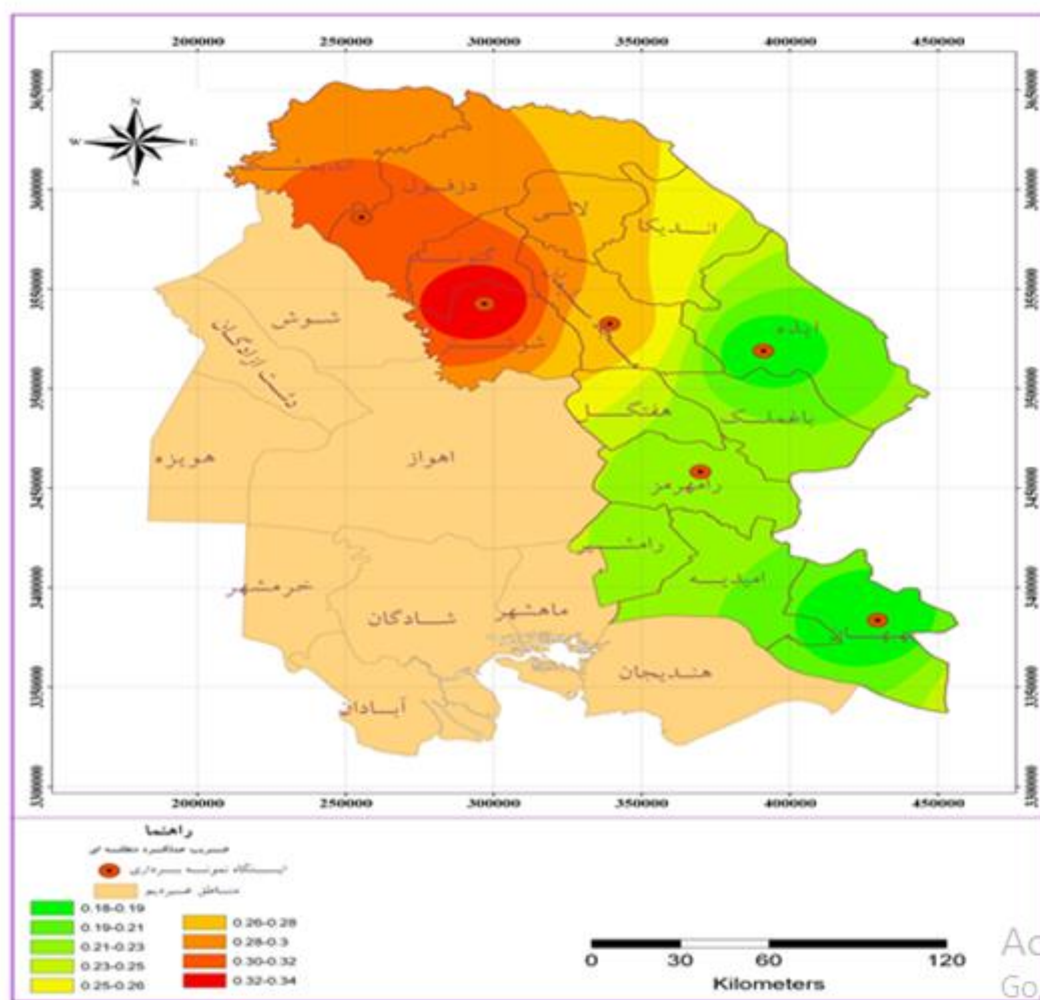


شکل ۵- شکاف عملکرد دانه در مناطق دیم‌خیز استان خوزستان
Fig. 5. Yield gap in rainfed areas of Khuzestan province

بطور کلی این نتایج تا حدود زیادی با یافته‌های سایر محققین انطباق دارد. برای مثال آبلدو و همکاران (Abeldo *et al*., 2008) نشان دادند که میزان شکاف عملکرد دانه به شرایط آب و هوایی سالانه بستگی دارد. بدین‌صورت که میزان شکاف عملکرد در سال‌هایی با پتانسیل عملکرد دانه بالا بیشتر از سال‌هایی با پتانسیل عملکرد دانه پائین است. آگاروال و همکاران (Aggarwal *et al*., 2008) نیز با مطالعه‌ای در هندوستان نشان دادند که پتانسیل عملکرد دانه گندم در عرض‌های جغرافیایی بالاتر بیشتر از عرض‌های جغرافیایی پائین‌تر بود و مناطق دارای پتانسیل عملکرد دانه بالا شکاف عملکرد بیشتری دارند. در شرایط دیم ممکن است این تفاوت، بیشتر ناشی از محدودیت آب و عناصر غذایی بویژه نیتروژن و کاهش ناشی از خسارت آفات و بیماری‌ها و علف‌های هرز باشد. به علاوه سایر عوامل مدیریت مزرعه ازجمله انتخاب تاریخ نامناسب کاشت نیز بر آن مؤثر است. بنابراین هرگونه بهبود در روش‌های

مدیریت زراعی و نیز معرفی ارقام زراعی جدید باعث افزایش عملکرد دانه واقعی خواهد شد.

با استفاده از مقادیر محاسبه‌شده پتانسیل عملکرد دانه و عملکرد دانه واقعی، ضریب عملکرد منطقه‌ای برای مناطق مختلف دیم استان خوزستان محاسبه شد (شکل ۶). نتایج نشان داد که مقدار ضریب عملکرد منطقه‌ای (RYF) شهرستان‌های شوشتر و دزفول بالاتر (به ترتیب ۰/۳۴ و ۰/۳۱) و کمترین آن متعلق به شهرستان‌های ایذه و بهبهان (۰/۱۸) بود. بقیه شهرستان‌ها در این دامنه واقع شدند. بالاتر بودن مقدار ضریب عملکرد منطقه‌ای در مناطق شوشتر و دزفول با نتایج قبلی مبنی بر پائین بودن میزان شکاف عملکرد انطباق دارد. ضریب عملکرد منطقه‌ای به‌عنوان معیاری از بهبود روش‌های مدیریت مزرعه در مناطق می‌باشد.

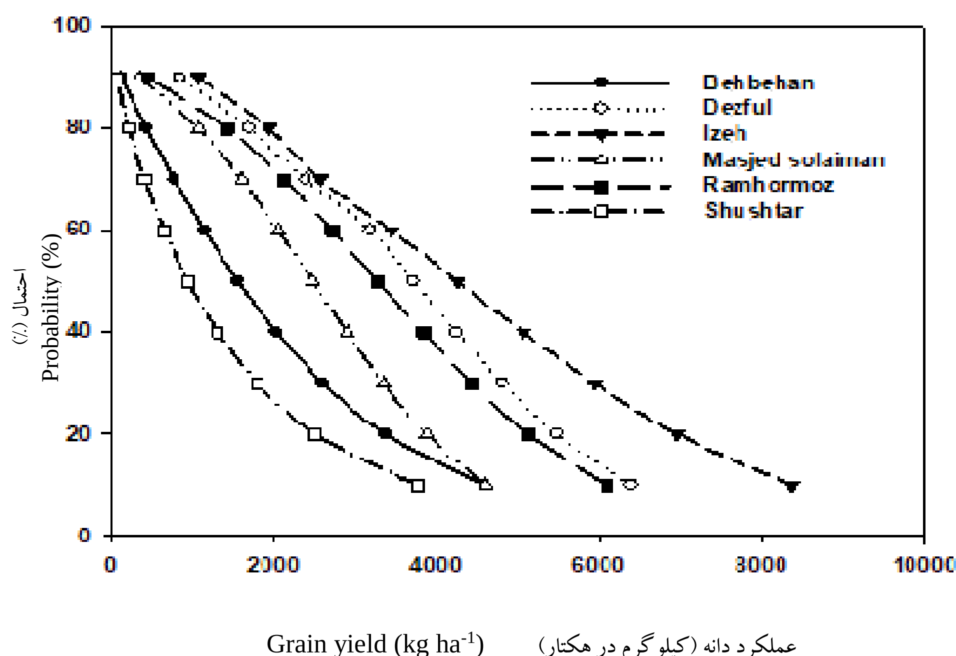


شکل ۶- ضریب عملکرد منطقه‌ای گندم در مناطق دیم‌خیز خوزستان

Fig.4. Regional yield factor of wheat in rainfed areas of Khuzestan

تجزیه و تحلیل خطر تولید

نتایج تجزیه توزیع احتمال فراوانی پتانسیل عملکرد دانه گندم دیم در شهرستان‌های مختلف استان خوزستان حاکی از وجود تفاوت قابل‌ملاحظه در خطر تولید بین مناطق می‌باشد (شکل ۷).



شکل۷- توزیع احتمال عملکرد دانه گندم (احتمال بیش از یک مقدار معین) در مناطق دیم استان خوزستان

Fig. 7. Probability distribution of wheat grain yield (exceedance probability) in rainfed areas of Khuzestan province

برای شهرستان ایذه احتمال دستیابی به عملکرد دانه بالای ۷ تن در شرایط دیم ۲۰ درصد است. اگرچه با احتمال بالای ۸۰ درصد امکان دستیابی به عملکرد بیش از ۱/۷ تن در هکتار نیز وجود دارد. لیکن در بعضی از سال‌ها امکان عدم موفقیت (احتمال ۱۰ درصد) و عدم دستیابی به عملکرد دانه اقتصادی وجود دارد. بطور کلی می‌توان گفت با احتمال ۵۰ درصد امکان دستیابی به عملکرد بیشتر از ۴/۴ تن در هکتار در این شهرستان وجود دارد.

برای شهرستان مسجدسلیمان با احتمال ۲۰ درصد امکان دستیابی به عملکرد دانه بیشتر از ۴ تن وجود دارد. درصورتی‌که با احتمال و اطمینان بالای ۸۰ درصد فقط امکان دستیابی به عملکرد دانه بیشتر از ۱/۲ تن در هکتار قابل حصول است. در این شهرستان با احتمال ۵۰ درصد امکان دستیابی به عملکردهای ۲/۶ تن در هکتار وجود دارد. برای شهرستان دزفول

احتمال دستیابی به عملکرد دانه بیشتر از ۳/۷ تـن در هکتـار ۲۰ درصـد اسـت. درحالی‌که امکـان دسـتیابی بـه عملکـرد دانـه بیشـتر از ۱/۵ تـن در هکتـار ۸۰ درصـد اسـت. در ایـن شهرسـتان بـا ۵۰ درصد احتمال امکان دستیابی به عملکرد دانه ۲/۵ تـن در هکتـار وجـود دارد. بـا توجـه بـه وضـعیت پـراکنش بارنـدگی در ایـن شهرسـتان خطر عدم موفقیت تولید نسبت به شهرستان ایـذه کمتر است (شکل ۷).

زراعـت دیـم گنـدم در شهرسـتان شوشـتر شکننده و آسیب‌پذیر است و خطر تولید در ایـن منطقه بالاست. در این منطقه امکـان دسـتیابی بـه عملکــرد دانــه بیشــتر از ۲/۷ تــن در هکتــار ۲۰ درصد است. با احتمال ۸۰ درصد به بالا فقط امکان دستیابی به عملکرد دانه ۰/۳ تن در هکتار میسـر اسـت. در ۵۰ درصـد از سـال‌ها (احتمـال ۵۰ درصد) دستیابی به عملکرد دانه قابل‌دستیابی کمتر از ۱/۱ تـن در هکتـار اسـت. در شهرسـتان رامهرمز امکان دستیابی به عملکردهای بیشـتر از ۵ تن ۲۰ درصـد اسـت. لـیکن بـا احتمـال بـالای ۸۰ درصد امکان دستیابی به عملکرد دانـه کمتـر از ۱/۶ تن در هکتار وجود دارد. در این منطقه با احتمال ۵۰ درصد امکان دستیابی به عملکرد دانه بیشــتر از ۳/۳ تــن در هکتــار وجــود دارد. در شهرستان بهبهان در ۲۰ درصد از سال‌ها (احتمال ۲۰ درصـد) امکـان دسـتیابی بـه عملکـرد دانـه ۳/۶ تن در هکتار وجـود دارد. لـیکن بـا احتمـال ۸۰ درصد به بالا عملکرد دانه قابل‌دستیابی کمتر از ۰/۵۶ تن در هکتار می‌باشد. در این شهرسـتان امکـان دسـتیابی بـه عملکـرد دانـه بیشـتر از از ۱/۷ تن در هکتار ۵۰ درصد است.

نتیجه‌گیری

مدل‌های صحت‌سنجی و واسنجی شده ابـزار تحقیقاتی مناسبی برای تعیین زمان شروع کاشت وطـول دوره رشـد گیاهـان زراعـی می‌باشـد و موجب صرفه‌جویی در وقت، هزینـه‌ها و نیـروی انسانی می‌شوند. نتایج نشان داد کـه تقریبـاً یـک تفـاوت ۱۵ روزه (اواخـر آبـان تـا ۱۵ آذر) بـین زمــان شــروع کشــت گنــدم دیــم در منــاطق خوزستان وجود دارد. زمان کاشـت گنـدم دیـم تقریباً منطبق با تاریخ کاشت مناسب گنـدم آبـی در استان اسـت. در بیشـتر سـال‌ها اولـین آبیـاری گندم آبی از طریق بارندگی فراهم می‌شـود کـه مؤید این مطلب است.

فصل رشد گنـدم در خوزسـتان بـین ۱۲۴ تـا ۱۶۴ روز (حــدود ۱۸۶۰ تــا ۲۱۹۰ درجــه روز رشد) متغیر است، اما این طول دوره رشـد بـرای دستیابی به عملکرد دانه نسبتاً بـالا تحـت شـرایط دیم مناسب به نظر می‌رسد. از این روش می‌توان بـرای تعیـین زمـان شـروع کاشـت و طـول دوره رشد دیگر گیاهان زراعـی بـرای شـرایط آبـی و دیـم خوزسـتان و دیگـر اسـتان‌های کشـور نیـز استفاده نمود.

نتایج نشان داد که مدل‌ها ابزار مناسـبی بـرای پیش‌بینی پتانسیل عملکرد گندم و تعیین شـکاف عملکرد بر اساس عملکرد دانـه پیش‌بینی‌شـده و واقعی می‌باشد و از این طریق می‌تـوان پهنـه‌های

مختلف اگرواکولوژیکی را ازنظر استعداد تولید گندم موردبررسی و ارزیابی قرار داد. همچنین نتایج نشان داد استفاده از مدل‌های شبیه‌سازی رشد همراه با به‌کارگیری روش‌های تجزیه خطر، روش کم‌هزینه و درعین‌حال ساده‌ای جهت تجزیه و تحلیل روش‌های مدیریت مزرعه در راستای کاهش تأثیر خطر تولید می‌باشند.

شکاف عملکرد دانه محاسبه‌شده در این پژوهش برآیند مجموعه‌ای از عوامل محدودکننده و کاهنده عملکرد دانه گندم می‌باشد. میانگین پتانسیل عملکرد دانه از ۴/۲ تن در هکتار (ایذه) تا ۱/۷ تن در هکتار (شوشتر) متغیر بود و در هر یک از پهنه‌ها در سال‌های مختلف نیز متفاوت بود. نتایج تجزیه خطر تولید نشان داد که تولید در پهنه‌های مختلف متفاوت است و پهنه‌های با پتانسیل عملکرد بیشتر دارای خطر تولید کمتر هستند. شکاف عملکرد دانه در پهنه‌های مختلف از ۸۸ درصد (ایذه و بهبهان) تا ۶۶ درصد (شوشتر و دزفول) متغیر بود. پهنه‌های دارای پتانسیل عملکرد بیشتر دارای شکاف عملکرد بیشتری نیز بودند.

نتایج نشان داد که در استان خوزستان تنوع قابل‌ملاحظه‌ای بین پهنه‌ها ازنظر پتانسیل عملکرد دانه گندم دیم وجود دارد و این وضعیت ما را در تصمیم‌گیری برای مدیریت افزایش عملکرد دانه گندم دیم و تخصیص بهینه نهاده‌ها متناسب با ظرفیت تولید مناطق کمک می‌نماید. وجود شکاف قابل ملاحظه در پهنه‌های اگرواکولوژیکی حاکی از عدم وجود مدیریت مناسب مزارع برای افزایش عملکرد دانه در شرایط دیم می‌باشد. بنابراین به‌کارگیری دستورالعمل‌ها و یافته‌های تحقیقاتی به‌زراعی و به‌نژادی مناسب به‌منظور کاهش شکاف عملکرد ضروری است.

برای کمّی‌سازی سهم هر یک از عوامل مؤثر در ایجاد شکاف عملکرد دانه و به‌کارگیری راهکارهای مناسب مدیریت مزرعه برای کاهش شکاف موجود اجرای پژوهش‌های تکمیلی برای ارزیابی مدل در شبیه‌سازی اثر آب، عناصر غذایی و علف‌های هرز ضرورت دارد. برای پهنه‌بندی اگرواکولوژیکی مناطق استان خوزستان در مقیاس کوچک‌تر و با دقت بیشتر نیاز به داشتن اطلاعات خاک‌شناسی و هواشناسی در مقیاس‌های کوچک‌تر است که با برنامه‌ریزی و ارائه پروژه‌های مطالعاتی مناسب می‌توان به این مهم دست‌یافت. از این روش می‌توان برای پهنه‌بندی استان خوزستان برای دیگر محصولات زراعی برای شرایط آبی و دیم استفاده نمود و پهنه‌بندی را تا سطح ملی نیز توسعه داد.

سپاسگزاری

این مقاله برگرفته از نتایج پروژه تحقیقاتی «تعیین پتانسیل عملکرد و آنالیز خطر تولید گندم در مناطق دیم‌خیز استان خوزستان» است. نگارنده از سازمان جهاد کشاورزی خوزستان برای تأمین اعتبار مالی پروژه سپاسگزاری می‌کنند.

References

Abeledo, L. G., Savin R., and Slafer, G. A. 2008. Wheat productivity in the Mediterranean Ebro Valley: analyzing the gap between attainable and potential yield with a simulation model. European Journal of Agronomy 28: 541-550.

Affholder, F., Poeydebat, C., Corbeel, M., Scopel, E., and Tittonell, P. 2013. The yield gap of major food crops in family agriculture in the tropics: assessment and analysis through field surveys and modelling. Field Crops Research 143: 106-118.

Aggarwal, P. K., Hebbar K. B., Venugopalan, M. V., Rani, S., Bala, A., Biswal, A., and Wani, S. P. 2008. Quantification of yield gaps in rain-fed rice, wheat, cotton and mustard in India. Agricultural Research 35: 743-764.

Andarzian, B., Bakhshandeh, A. M, Bannayan, M., Emam, Y., Fathi, G., and Alami Saeed, K. 2008. WheatPot: a simple model for spring wheat yield potential using monthly weather data. Biosystems Engineering 99 (4): 487-495.

Andarzian, B., Bakhshandeh, A. M., Bannayan, M., and Emam, Y. 2008. Evaluation of the CERES-wheat model under Ahvaz climate conditions. Iranian Field Crops Research 6 (1): 11-22 (in Persian).

Andarzian, B., Bakhshandeh, A. M., Emam, Y., Fathi, G., and Alami Saeed, K. 2007. Modeling and simulation growth, development and yield of wheat. Ph.D. Thesis. Shahid Chamran University of Ahvaz. 180 pp. (in Persian).

Andarzian, B., Bannayan, M., Steduto, P., Mazraeh, H., Barati, M. E., Barati, M. A and Rahnama, A. 2011. Validation and testing of the AquaCrop model under full and deficit irrigated wheat production in Iran. Agricultural Water Management 100 (1): 1-8.

Andarzian, B., Hoogenboom, G., Bannayan, M., Shirali, M., and Andarzian, B. 2015. Determining optimum sowing date of wheat using CSM-CERES-Wheat model. The Journal of Saudi Society of Agricultural Science 14 (2): 189-199.

Anonymous, 2007. Yearbook of cultivated area of agricultural crops. Jehad-e-Agriculture Organization of Khuzestan. 131 pp. (in Persian).

Anonymous, 2011. Yearbook of cultivated area of agricultural crops. Jehad-e-Agricultural Organization of Khuzestan. 162 pp. (in Persian).

Araya, A., Keesstra, S. D., Stroosnijder, L. 2010a. Simulating yield response to water of teff (*Eragrostis tef*) with FAO's AquaCrop model. Field Crops Research 116: 196-204.

Araya, A., Habtu, S., Hadgu, K. M., Kebede, A., and Dejene, T. 2010b. Test of AquaCrop model in simulating biomass and yield of water deficient and irrigated barley (*Hordeum vulgare*). Agricultural Water Management 97: 1838-1846.

Araya, A., Stroosnijer, L., Habut, S., Keestra, D. K., Berhe, M., and Hadgu K. M. 2012. Risk assessment by sowing date for barley in northern Ethiopia. Agricultural Water Management 154: 30-37

Bhatia, V. S., Singh, P., Wani, S. P., Chauhan, G. S., Rao, A.V. R., Mishra, A. K., and Srinivas, K. 2008. Analysis of potential yields and yield gaps of rainfed soybean in India using CROPGRO-Soybean model. Agricultural and Forest Meteorology 148: 1252-1265.

Bussmann, A., Elagib, N. A., Fayyad, M., and Ribbe, L. 2016. Sowing date determinants for sahelian rainfed agriculture in the context of agricultural policies and water management. Agricultural Water Management 52: 316-328

Caldiz, D. O., Gaspari, F. J., Moreno Kiernan, A., and Struik, A. 2002. Agro-ecological zoning at the regional level: spatio-temporal variation in potential yield of the potato crop in the Argentinian patagonia. Agriculture Ecosystems & Environment 88 (1): 3-10.

Deihimfard, R., Nassiri Mahalati, M., and Koocheki, A. 2015. Yield gap analysis in major wheat growing area of Khorasan province, Iran, through crop modelling. Field Crops Research 184: 28-38 ·

Delghandi, M., Andarzian, B., Boromandnasab, S., Masah Bavani, A., and Javaheri, A. 2014. Evaluation of CERES-wheat for simulating growth, yield and phonological stages of wheat under different irrigation managements. Soil and Water Journal 28 (1): 82-91.

Gharineh, M. H., Bakhshandeh, A. M., Andarzian, B., and Fayezizadeh, N. 2012. Agro-climatic zonation of Khuzestan province based on potential yield of irrigated wheat using WOFOST model. Agroecology 4: 255-264.

Grassini, P., Thorburn, J., Burr. C., and Cassman, K. G. 2011. High-yield irrigated maize in the Western U.S. corn belt: I. on-farm yield, yield potential, and impact of agronomic practices. Field Crops Research 120: 142-150.

Hajarpour, A., Soltani, A., Zeinali, E., Kashiri, H., Ayeneband, A., and Nazari, M. 2017. Determination of optimum management ranges in order to increasing wheat yield in Golestan province. Journal of Crops Improvement 19 (3): 577-590.

Hoogenboom, G., Jones, J. W., Wilkens, R. W., Batcheloro, W. D., Hunt, L. A., Boot, K .J., Singh, U., Uryasev, O., Bowen, W. T., Gijsman, A. J., du Toit, A., White, J. W., and Tsuji, G. Y. 2010. Decision support system for Agro-technology Transfer Version 4.5 [CD- ROM]. University of Hawaii, Honolulu, HI.

Jalal Kamali, M. R., Sharifi, H., Khodarahmi, M., Joukar, R., Torkaman, H., and Qavidel, N. 2007. Variation in developmental stages and its relationship with yield and yield components of bread wheat cultivars under field conditions: I- phenology. Seed and Plant 23 (4): 445-472 (in Persian).

Kamkar, B., Koocheki, A., Nassiri Mahalati, M., and Rezvani Moghadam, P. 2007. Yield gap analysis of cumin in nine regions of Khorasan provinces using modelling approach. Iranian Journal Field Crop Research 5 (2): 332-342 (in Persian).

Koocheki, A., Nassiri Mahalati, M., Mansori, H., and Moradi, A., 2017. Effect of climate and management factors on potential and gap of wheat yield in Iran with using WOFOST model. Iranian Journal of Field Crops Research 15 (2): 244-256 (in Persian).

Lobell, D. B., Cassman, K. G., and Christopher, B. 2009. Crop yield gap: their importance, magnitudes and causes. Annual Review of Enviromental Resources 34: 179-204.

Loffler, C. M., Wei, J., Fast, T., Gogerty, J., Langton, M., Bergman, B., Merrill, B., and Cooper, M. 2005. Classification of maize environments using crop simulation and geographic information systems. Crop Science 45: 1708-1716.

Mhizha, T. 2010. Increase of yield stability by staggering the sowing dates of different varieties of rainfed maize in Zimbabwe. Ph. D. Thesis. Catholic University, Leuven. Zimbabwe. 43 pp.

Mhizha, T., Geerts, S., Vanuytrecht, E., Makarau, A., and Raes, D. 2014. Use of the FAO AquaCrop model in doveloping sowing guidelines for rainfed maize in Zimbabwe. Water SA 40: 233-243

Mugalavai, E. M., Kipkorir, E. C., Raes, D., and Rao, M. S. 2008. Analysis of rainfall onset, cessation and length of growing season for western Kenya. Agricultural and Forest Meteorology 148: 1123-1135.

Naderi, A. 2013. Analysis effect of sowing date on grain yield of wheat genotypes using regression method. Quarterly Journal of Crop Research 2: 5-10 (in Persian).

Nassiri Mahalati, M., and Koocheki, A. 2009. Agroecological zoning of wheat in Khorasan province: estimate of potential production and gap yield. Iranian Journal of Field Crops Research 7 (2): 695-702 (in Persian).

Nassiri Mahalati, M., and Koocheki, A. 2010. Agroecological zoning of wheat in Khorasan province: risk analysis. Iranian Journal of Field Crops Research 8 (2): 298-307 (in Persian).

Oliver, Y., and Robertson, M. 2013. Quantifying the spatial pattern of the yield gap within a farm in a low rainfall Mediterranean climate. Field Crops Research 150: 29-41.

Qingfeng, M., Hou, P., Wu, L., Chen, X., Cui, Z., and Zhang, F. 2013. Understanding production potentials and yield gaps in intensive maize production in China. Field Crops Research 143: 91-97.

Radmehr, M., Lotfali Ayeneh, G., and Mamghani, R. 2005. Investigating response of early, mid and late maturity genotypes of bread wheat to different sowing dates: 1-influence of sowing date on phenologic, morphologic and yield traits of four genotypes of bread wheat. Seed and Plant 21 (2): 175-189 (in Persian).

Raes, D., Sithole, A., Markarau, A., and Milford, J. 2004. Evaluation of first planting date recommended by creteria currently used in Zimbabwe. Agricultural and Forest Meteorology 125: 17-185.

Raes, D., Willems, P., and Gbaguidi, F. 2006. RAINBOW–A software package for hydrometeorological frequency analysis and testing the homogeneity of historical data sets. pp. 15. In: Proceedings of the 4th International Workshop on Sustainable Management of Marginal Drylands. Islamabad, Pakistan.

Singh, P., Vijaya, D., Chinh, N. T., Pongkanjana, A., Parasad, K. S., Srinivas, K., and Wemi, S. P. 2001. Potential productivity and yield gap of selected crops in the rainfed regions of India, Thailand, and Vietnam. Natural Resource Management Program Report No. 5. 50 pp.

Tsegay, A., Vanuytrecht, E., Abraha, B., and Deckers, J. 2015. Sowing and irrigation strategies for improving rainfed Tef (*Eragrosis tef*) production in the water scarce Trigray region. Agricultural Water Management 150: 81-91

Van Ittersum, M. K., Cassman, K. G., Grassini, P., Wolf, J., Tittonell, P., and Hochman, Z. 2013. Yield gap analysis with local to global relevance – a review. Field Crops Research 143: 4-17.